



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

EnergiParcel

Statusrapport august 2010

Larsen, Tine Steen

Publication date:
2010

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Larsen, T. S. (2010). *EnergiParcel: Statusrapport august 2010*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 102

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

EnergiParcel, Statusrapport august 2010

Tine Steen Larsen

Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Gruppe-/sektionsnavn

DCE Technical Report No. 102

EnergiParcel, Statusrapport august 2010

Tine Steen Larsen

August 2010

© Aalborg Universitet

Forord

Denne rapport beskriver status for de foreløbige resultater fra målingerne af energiforbrug og indeklima i EnergiParcel-projektet. Rapporten er skrevet i forbindelse med afslutningen af selve renoveringsprojektet i husene. En endelig rapport for måleprojektet tilknyttet EnergiParcel vil foreligge i foråret 2012, da målingerne i husene fortsætter indtil december 2011.

Målingerne i husene er foretaget både før og efter energirenoveringen. I denne rapport gives et skøn over det årlige energiforbrug efter renoveringen, da en endelig vurdering af husenes opnåede reducere af energiforbrug kan ikke foretages før der forelægger et års data efter færdiggørelsen af renoveringen – dvs i januar 2011.

Måleprogrammet gennemføres af Aalborg Universitet over en tre-årig periode med opstart medio november 2008.



Tine S. Larsen
Aalborg Universitet

Indhold

1.	Fakta om projektet	5
1.1	Forventninger til energirenoeringen.....	5
1.2	Beboerprofiler for husene.....	7
2.	Termografering og tæthed af husene	8
3.	Vurderingskriterier	14
3.1	Termisk indeklime	14
3.2	Atmosfærisk indeklime	14
3.3	Energiforbrug.....	15
4.	Målinger af indeklime.....	17
4.1	Termisk indeklime	17
4.2	Atmosfærisk indeklime	17
5.	Målinger af energiforbrug.....	19
5.1	Rumopvarmning.....	19
5.2	Varmt brugsvand	21
5.3	El-forbrug.....	23
5.4	Samlet energibesparelse for rumopvarmning, varmt brugsvand og el til bygningsdrift – ukorrigeret data	25
5.5	Beregnet energiforbrug sammenlignet med målt forbrug – baseret på rå-data	27
6.	Vurdering af resultater for energiforbruget og - besparelser.....	29
6.1	Besparelser-scenarier ved korrigeret af data.....	29
6.2	Beregnet energiforbrug sammenlignet med målt forbrug – baseret på korrigeret data...	33
7.	Konklusion	35
8.	Kildeliste	37

1. Fakta om projektet

For at kunne vurdere målingerne foretaget i EnergiParcel-projektet gennemgås i det følgende de forventninger til projektet, der blev opstillet ved projektets start samt baggrundsdata for husene. De forventede energibesparelser er opstillet ud fra en Be06-beregning foretaget for husene inden og efter renovering. Antallet af beboere i husene er desuden medtaget i afsnit 1.2, da dette vil påvirke husenes interne belastning i form af varme, CO² og fugt.

1.1 Forventninger til energirenoveringen

For at kunne vurdere, om målet med energirenoveringen i EnergiParcel er opnået, gennemgås i det følgende de forventede besparelser opgivet fra Realea. Dog er det væsentligt også at medtage indeklimaet og vurdere energirenoveringen som en samlet helhed. Ved projektets opstart blev følgende formål opstillet:

Formålet med selve måleprogrammet er derfor at lave en vurdering af det samlede energiforbrug og indeklima i huset og dermed dokumentere effekten af de forskellige tiltag, der gennemføres via energirenoveringen. Helt konkret ønskes det via måleprogrammet at:

- Demonstrere energiforbruget før/efter renovering
- Demonstrere at indeklimaet er i orden og evt. forbedret efter renovering
- Opnå detaljeret viden om energiforbrugets fordeling på forskellige forbrug (el, vand, varme, ventilation) og i forhold til døgn, uge og/eller årstidsvariation

Materialet brugt ved følgende gennemgang er fra Realeas projektmateriale. Yderligere oplysninger om projekterne kan findes på www.realea.dk

Mejløvænget 9



Seniorhuset, opført 1973	
Arkitekt/ingeniør	Ravn Arkitektur/ Rambøll
Budget	200.000 kr incl moms
Areal	157 m ²
Energibehov FØR	198,5 kWh/m ² pr år
Energibehov EFTER	135,6 kWh/m ² pr år
Besparelse	32% = 6.045 kr pr år

	Mejløvænget 9 Seniorhuset
Tætning og isolering af facader	
Solceller	
Ovenlys	
Isolering fundament	
Isolering mod terræn, overalt	
Isolering mod terræn, delvist	
Superlavenergi-vinduer, nordfacade	
Superlavenergi-vinduer, østfacade	
Superlavenergi-vinduer, vestfacade	●
Superlavenergi-vinduer, sydfacade	●
Isolering vinduesfals	●
Automatisk styring, varmeanlæg	●
Isolering rem	●
Isolering loft/tag	●

Langøværnet 1



Familiehus - passiv, opført 1973	
Arkitekt/ingeniør	Ravn Arkitektur/Rambøll
Budget	400.000 kr incl moms
Areal	130 m ²
Energibehov FØR	220,7 kWh/m ² pr år
Energibehov EFTER	125,5 kWh/m ² pr år
Besparelse	43% = 8.039 kr pr år

	Langøværnet 1 Familiehus - Passiv
Tætning og isolering af facader	
Solceller	
Ovenlys	
Isolering fundament	
Isolering mod terræn, overalt	●
Isolering mod terræn, delvist	●
Superlavenenergi-vinduer, nordfacade	
Superlavenenergi-vinduer, østfacade	
Superlavenenergi-vinduer, vestfacade	●
Superlavenenergi-vinduer, sydfacade	
Isolering vinduesfals	●
Automatisk styring, varmeanlæg	●
Isolering rem	●
Isolering loft/tag	●

Farøværnet 4

I Farøværnet 4 ændres arealet af huset efter energirenoveringen, da en overdækket terrasse mod vejen inddrages som boligareal. Da rå-data i denne rapport præsenteres i enheden kWh vil besparelsen ikke synes ligeså stor som hvis besparelsen vurderes pr m². For at tage hensyn til dette medtages her en tabel med energiforbruget før og efter udregnet i kWh.



Familiehus - aktiv, opført 1975	
Arkitekt/ingeniør	Ravn Arkitektur/Rambøll
Budget	400.000 kr incl moms
Areal	138 m ² før / 146 m ² efter
Energibehov FØR	222,9 kWh/m ² pr år
Energibehov EFTER	105,9 kWh/m ² pr år
Besparelse	52% = 10.337 kr pr år
Besparelse ved vurdering af kWh	
Energibehov FØR	30.760 kWh pr år
Energibehov EFTER	15.461 kWh pr år
Besparelse	50%

	Farøværnet 4 Familiehus - Aktiv
Tætning og isolering af facader	
Solceller	●
Ovenlys	●
Isolering fundament	
Isolering mod terræn, overalt	
Isolering mod terræn, delvist	●
Superlavenenergi-vinduer, nordfacade	
Superlavenenergi-vinduer, østfacade	●
Superlavenenergi-vinduer, vestfacade	
Superlavenenergi-vinduer, sydfacade	●
Isolering vinduesfals	●
Automatisk styring, varmeanlæg	●
Isolering rem	●
Isolering loft/tag	●

Langøværnet 8



Prototypehuset, opført 1974	
Arkitekt/ingeniør	Pluskontoret/ Moe & Brødsgaard
Budget	2.000.000 kr incl moms
Areal	176 m ²
Energibehov FØR	197,3 kWh/m ² pr år
Energibehov EFTER	40,9 kWh/m ² pr år
Besparelse	78% = 16.023 kr pr år

	Langøværnet 8 Prototypehuset
Tætning og isolering af facader	●
Solceller	●
Ovenlys	●
Isolering fundament	●
Isolering mod terræn, overalt	●
Isolering mod terræn, delvist	●
Superlavenergi-vinduer, nordfacade	●
Superlavenergi-vinduer, østfacade	●
Superlavenergi-vinduer, vestfacade	●
Superlavenergi-vinduer, sydfacade	●
Isolering vinduesfals	●
Automatisk styring, varmeanlæg	●
Isolering rem	●
Isolering loft/tag	●

1.2 Beboerprofiler for husene

Følgende beboerprofiler bruges ved vurdering af måleresultaterne:

Mejløværnet 9

I Mejløværnet bor der 2 voksne og 2 børn. Alle er væk hjemmefra mellem 09:00 – 16:00.

Langøværnet 1

I Langøværnet 1 bor 2 voksne og 2 børn. Familien blev forøget fra et til to børn i februar 2010. En er hjemme i løbet af dagen på grund af barsel sammen med et barn i perioden herefter.

Farøværnet 4

I Farøværnet bor der 2 voksne og 2 børn. Familien blev forøget i februar 2010, og mor går hjemme på barsel.

Langøværnet 8

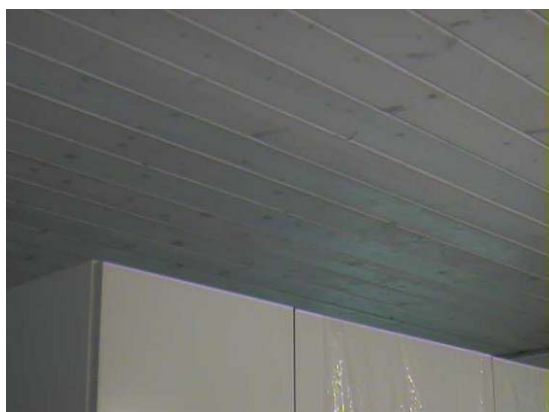
I Langøværnet 8 bor 2 voksne og 3 børn. Alle er væk hjemmefra mellem 08:30 – 15:00.

2. Termografering og tæthed af husene

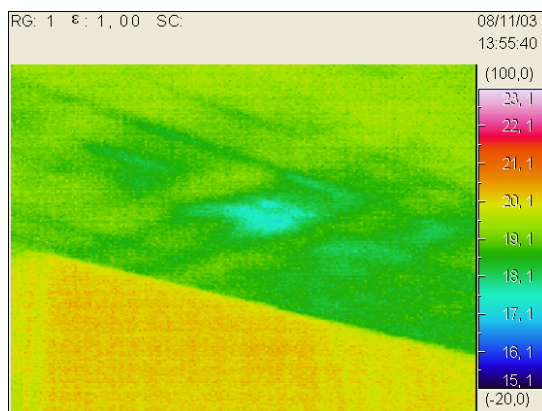
Før og efter renoveringen er der foretaget termografering og blowerdoor test i alle husene. Følgende afsnit beskriver de overordnede resultater. Detaljeret gennemgang af husene findes i målerapporterne udarbejdet til hvert enkelt hus ifm projektet. Disse forefindes i skrivende stund kun til internt brug i projektgruppen, men vil efter projektafslutningen (januar 2012) blive offentliggjorte i den endelige dokumentation af projektet.

Mejløvænget 9

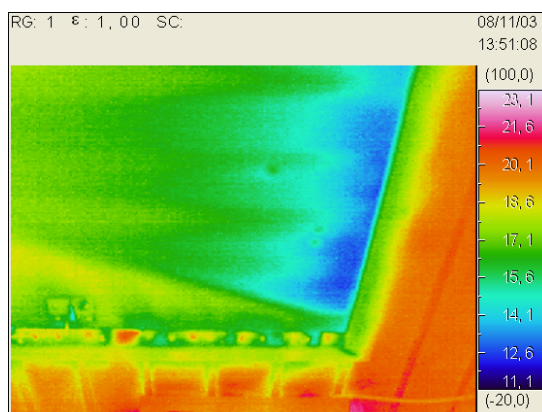
Inden renoveringen blev følgende problemområder fundet i huset.



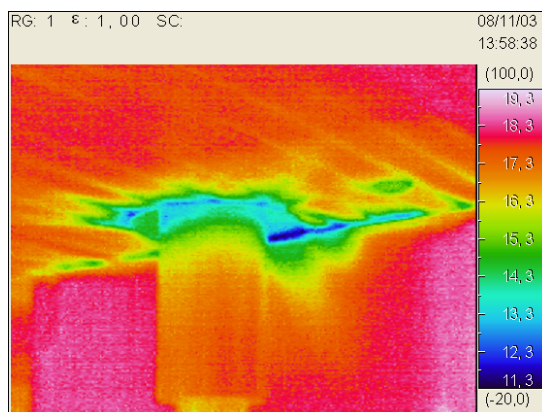
Utætheder i loftbeklædning og evt ujævn/dårlig isolering af loft.



Utæt loftslem.

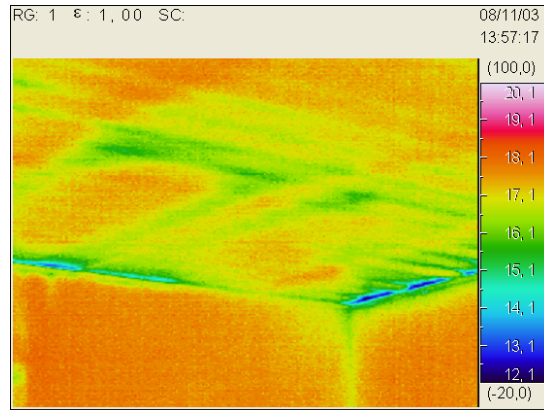


Utætheder omkring tilslutningen af skorsten fra pejs i stuen.





Utæthed ved samling mellem loft og væg.



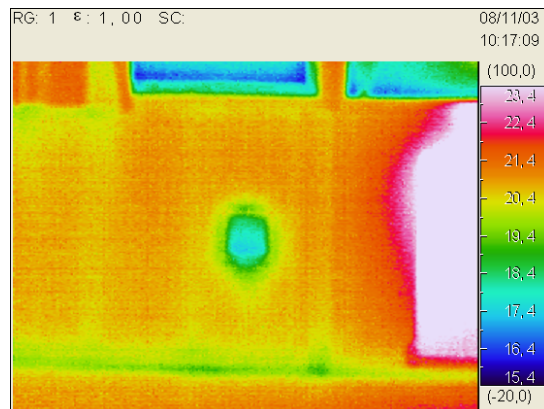
For at kontrollere om huset var blevet tættere ifm energirenoveringen blev der efter renovering gennemført en ny blowerdoor-test. Resultatet af den nye test viste at husets tæthed ved 50 Pa var **4,1 l/s pr m² opvarmet etageareal**. Dette var en reduktion af det tidligere luftskifte (som var 4,8 l/s pr m²) på knap 15%. Besparelsen blev bl.a opnået ved at udskifte den utætte dobbeltdør i stuen samt annullering af brændeovn og loftslem.

Langøvenget 1

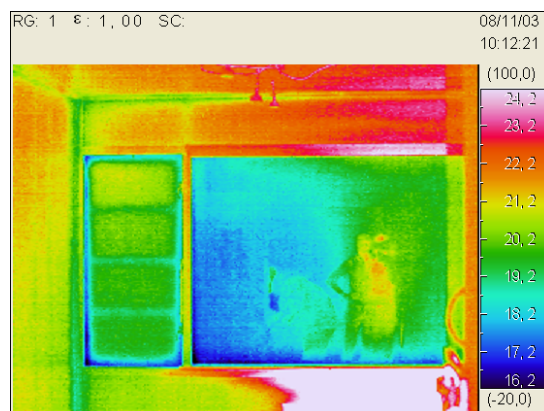
Inden renoveringen blev følgende problemområder fundet i huset.



Aftrækskanaler placeret flere steder i ydervæggene giver anledning til kuldebro.

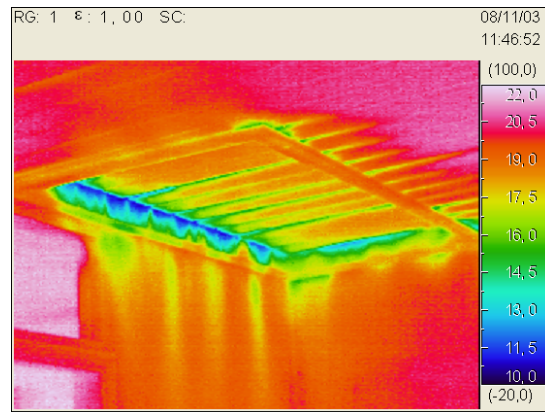


De uisolerede luger forøger husets varmetab.

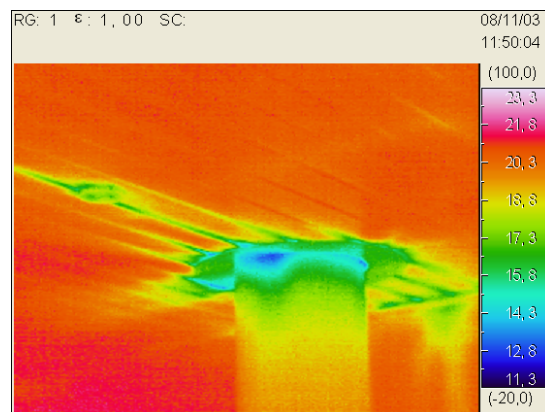




Utætheder omkring loftslem i bryggers.



Utætheder omkring aftræk fra pejs og stikkontakt i stue.



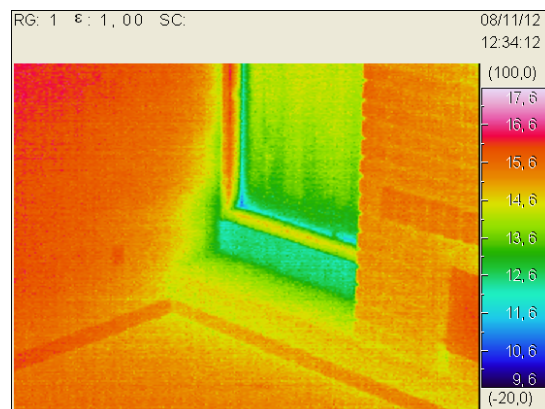
Ved gennemførsel af den nye blowerdoor-test efter renoveringen blev husets tæthed ved 50 Pa fundet til **3,18 l/s pr m² opvarmet etageareal**. Det tidligere luftskifte var her målt til 4,41 l/s pr m², så her er der opnået en reduktion i infiltrationen på godt 25%. Besparelsen er bl.a opnået ved at udskifte facadepartiet mod vest samt annullering af brændeovn og loftslem.

Farøvænget 4

Inden renoveringen blev følgende problemområder fundet i huset.

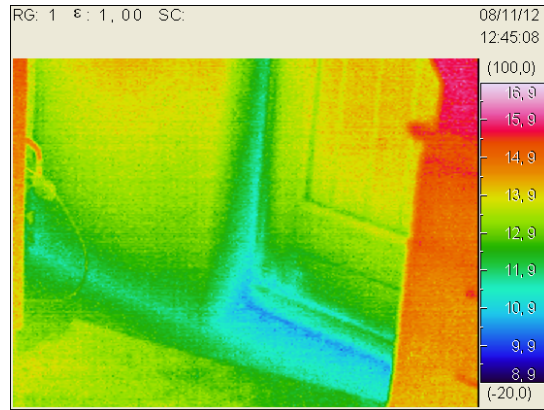


Uisoleret vinduesbrystning under vinduer ved skorsten.

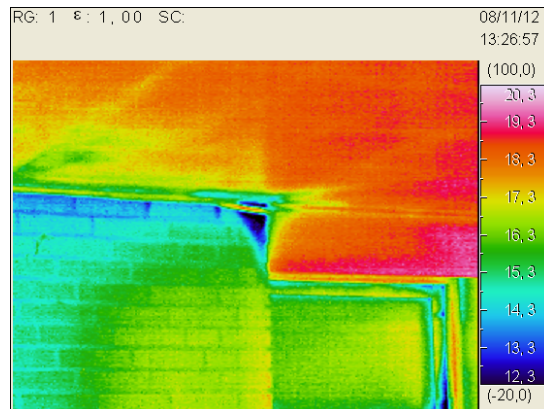




Utæthed og kuldebro ved bryggersdør.



Utæthed ved skorsten og vindue mod haven.



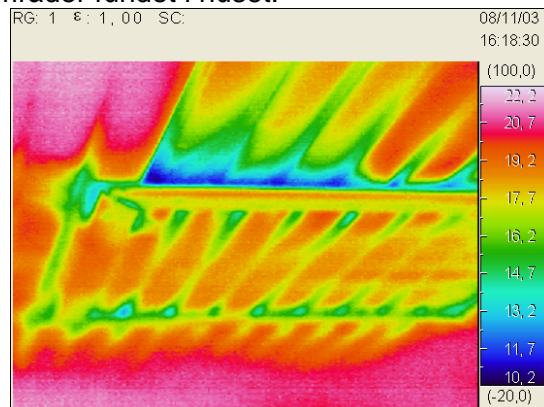
Ved gennemførsel af den nye blowerdoor-test efter renoveringen blev der i Farøvænget 4 målt en tæthed ved 50 Pa på **2,13 l/s pr m² opvarmet etageareal**. Det tidligere luftskifte var her målt til 2,67 l/s pr m², så her er der opnået en reduktion i infiltrationen på omkring 20%. Besparelsen er bl.a opnået ved at udskifte partiet med pejsen mod syd samt annullering af loftslem. Den utætte dør i bryggerset er ikke blevet udskiftet under renoveringen.

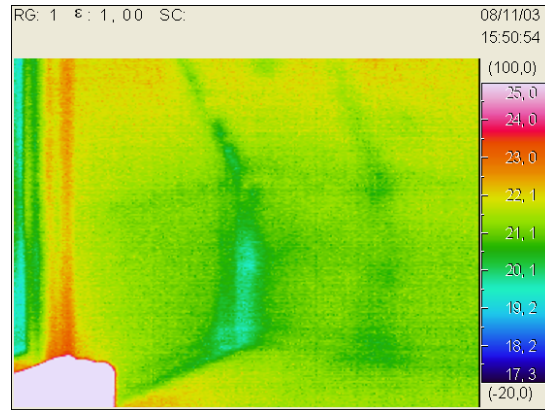
Langøvænget 8

Inden renoveringen blev følgende problemområder fundet i huset.

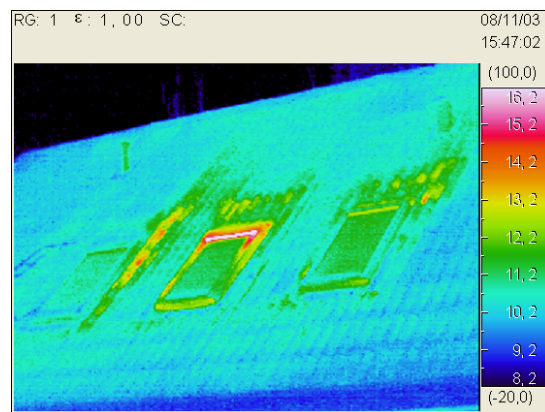


Loftslem på repos ved trappen er utæt.

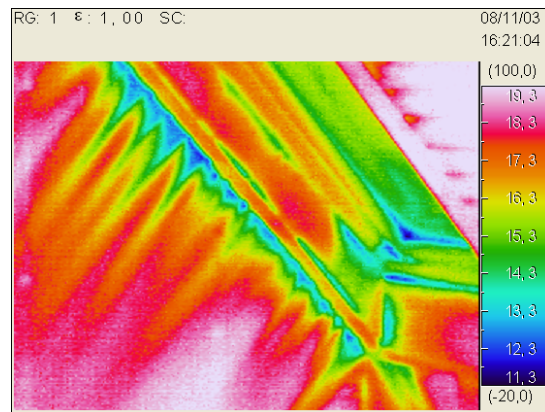




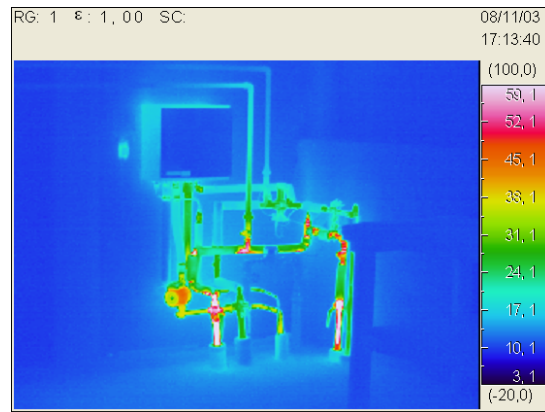
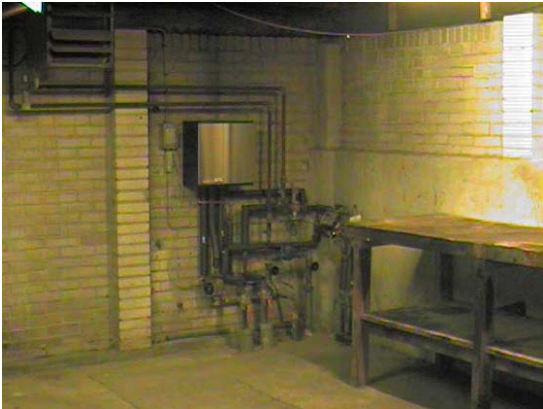
Forøget varmetab i hjørnet i soveværelse ud mod altan. Desuden synlige kuldebroer langs spær. Dette gør sig også gældende i værelserne mod nord.



Tagflade mod haven. Manglende eller dårlig isolering flere steder. Stor kuldebro ved skillevæg mellem værelse og bad.



Samling ved skillevæg i nordvest-vendt værelse er utæt.



Desuden blev følgende foto taget af varmeanlæg i garagen, hvor der, trods delvis isolering af rørene, er et væsentligt varmetab til omgivelserne. Desuden var der cirkulation af det varme brugsvand mellem garage og selve huset.

Da huset på Langøvnet 8 havde fået ny facade ifm med renoveringen var der store forventninger til målingen af tætheden på det renoverede hus. Ved gennemførsel af den nye blowerdoor-test blev der målt en tæthed ved 50 Pa på **0,97 l/s pr m² opvarmet etageareal**. Det tidligere luftskifte var målt til 6,4 l/s pr m², så her er der opnået en reduktion i infiltrationen på knap 85%, hvilket vil have stor betydning for husets varmebehov efter renoveringen.

3. Vurderingskriterier

Vurdering af målingerne foretages for indeklimaets del ved brug af retningslinierne opstillet i "DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet". Der er i konkurrenceprogrammet for EnergiParcel-projektet stillet krav om opfyldelse af kategori B, og måleresultaterne fra indeklimatemålingerne vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Dele af DS/EN/CR 1752 er gennemgået i afsnit 3.1 og 3.2. Kun det termiske og atmosfæriske indeklima er omfattet af måleprojektet, hvorfor krav og anbefalinger til dagslys og akustik ikke gennemgås.

"Før" og "efter"-data for energiforbruget i de enkelte bygninger vil på månedsbasis blive sammenlignet. Dette er beskrevet yderligere i afsnit 3.3.

3.1 Termisk indeklima

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklima, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i Tabel 3.1 temperaturintervaller for både kategori A, B og C. Kategori A svarer til et forventet antal utilfredse med de termiske omgivelser på <6%, kategori B svarer til <10% utilfredse og kategori C svarer til <15% utilfredse. [CR1752]

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			A	B	C
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	$24,5 \pm 1,0$	$24,5 \pm 1,5$	$24,5 \pm 2,5$
		Vinter	$22,0 \pm 1,0$	$22,0 \pm 2,0$	$22,0 \pm 3,0$
Maksimal middellufthastighed	[m/s]	Sommer	0,18	0,22	0,25
		Vinter	0,15	0,18	0,21

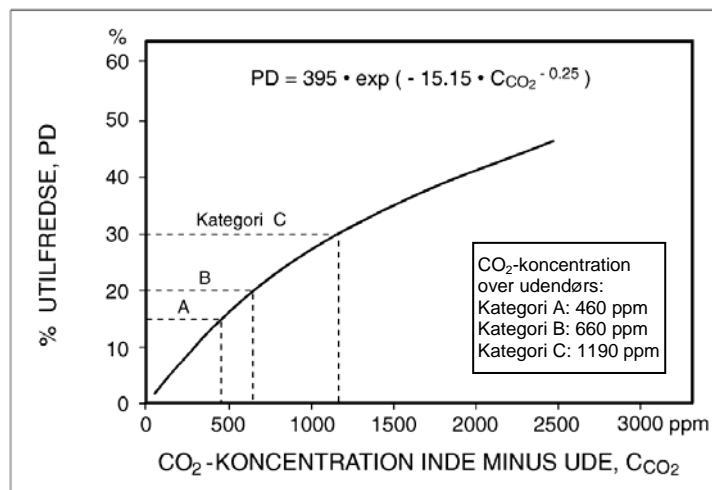
Tabel 3.1. Krav til temperatur og middellufthastigheder for hhv kategori A, B og C. [CR1752]

Som det ses i Tabel 3.1 er der også krav til middellufthastigheden for hver enkelt kategori, men dette vil ikke blive målt og vurderet i dette projekt.

3.2 Atmosfærisk indeklima

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO₂-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklima er, at antallet af utilfredse reduceres, når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance.

Ved vurdering af CO₂-niveauet i huset sammenholdes niveauet med kategori B fra CR1752. Dette svarer til en CO₂-koncentration, der maksimalt er 660 ppm over koncentrationen udendørs, som fastsættes til 370 ppm. Dvs at CO₂-niveauet indendørs skal være mindre end 1030 ppm. Antallet af utilfredse med den oplevede luftkvalitet vil med dette niveau svare til 20%, jf. Figur 3.1.

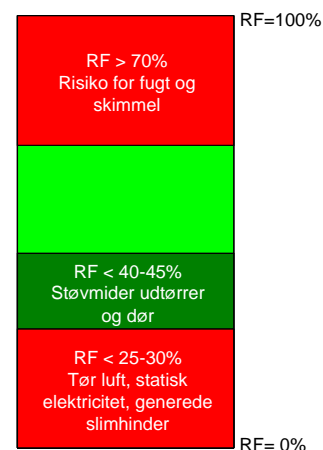


Figur 3.1. Oplevet luftkvalitet som funktion af CO₂-koncentrationen indendørs minus udendørs. [CR1752]

Ved vurdering af den relative luftfugtighed (RF) anbefales det i CR1752, at RF holdes mellem 30% og 70%.

Den nedre grænse på de 30% bør overholdes, da der ellers vil opstå gener i form af tør luft, statisk elektricitet og udtørrede slimhinder. Den øvre grænse på 70% bør overholdes for at undgå problemer med fugt og skimmel i boligen, som efterfølgende kan medføre allergi samt dårlig lugt. I [SBI224] angives desuden en kritisk grænse på RF>75%, hvor risiko for problemer i konstruktionerne kan opstå.

Den sidste grænse, som bliver vurderet i dette projekt, er en RF<45%. Det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%.



Figur 3.2. Anbefalinger for relativ fugtighed i boligen.

3.3 Energiforbrug

Til vurdering af husets energiforbrug registreres energi til rumopvarmning, opvarmning af varmt brugsvand samt det totale el-forbrug. Inden energirenoveringen registreres data i huset for at få et kendskab til beboernes vaner og typiske forbrug. Dette brugerprofil vil blive brugt ved analyse af energiforbruget efter renoveringen. Der er foretaget målinger i husene fra midten af december 2008 og indtil opstart på renoveringerne først i juli måned 2009. Målingerne er opstartet igen i december 2009. Da der ikke er foretaget målinger gennem et helt år inden renoveringen vil det blive nødvendigt med et skøn af energiforbruget i nogle af månederne for at kunne vurdere energiforbruget i kWh pr m² pr år, som bruges i Be06-beregningerne.

Det målte energiforbrug vil blive sammenlignet med det beregnede fundet ud fra den endelige Be06-beregning foretaget for huset. Denne beregningsmodel er udleveret fra konsortiet bag huset. Sammenligningen foretages som en kontrol af, at de forventede/beregne energibesparelser i huset også opnås. Kontrollen er foretaget for perioden januar-marts 2010, og resultaterne findes i [Michaelsen et al]

Ud over kontrollen mellem målte og beregnede data foretages en sammenligning af energiforbruget i huset før og efter renoveringen. De målte tal vil ved denne sammenligning blive graddøgnskorrigerede.

Da måleudstyret i huset også bruger el, vil dette blive fratrullet det totale el-forbrug både før og efter renovering.

4. Målinger af indeklima

I alle husene er der foretaget målinger af den termiske og atmosfæriske komfort. Placeringen af målepunkter i husene fremgår af de husspecifikke måleprogrammer tilknyttet måleprojektet. Alle indeklima-målere placeres i h=1,6 m o.g.

4.1 Termisk indeklima

Følgende observationer er gjort ifm målingerne af det termiske indeklima. Oplysningerne her er til brug ved analyse af energiberegningerne, dvs til forklaring af variationer i disse. Mere detaljerede analyser vil blive medtaget når måleperioden i husene afsluttes.

Mejløvænget 9

Temperaturforholdene i Mejløvænget er næsten på decimalniveau de samme før og efter renoveringen.

Langøvænget 1

Ved vurdering af temperaturniveauet i boligen ses det, at temperaturniveauet i huset efter renoveringen sænkes ca. 2°C. Lidt mere i stuen og lidt mindre i køkkenet. Dette kan evt skyldes den øgede komfort opnået efter udskiftning af det utætte facadeparti mod haven. En forbedring af både tæthed og rudernes U-værdi vil gøre denne væg mere varm og tæt, og diskomfort som følge af træk vil blive kraftigt reduceret.

Desuden ses det at husets nordlige ende ikke er opvarmet, hvilket vil medføre et mindre målt energiforbrug til opvarmning end det beregnede vil forudsige. De uopvarmede rum er både kolde i vintermånederne før og efter renoveringen.

Farøvænget 4

I Farøvænget 4 er temperaturniveauet i huset blevet mellem 0,5 og 1,0°C lavere efter renoveringen. Et lavere temperaturniveau kan evt give udtryk for, at beboerne ikke føler samme niveau af træk og kuldenedfald pga de forbedrede vinduespartier. Dermed tillades en anelse lavere temperaturer mens der stadig opleves termisk komfort.

Langøvænget 8

I Langøvænget 8 er der efter renoveringen blevet installeret et mekanisk ventilationssystem med balanceret luftskifte og varmegenvinding. Temperaturniveauet i huset er ud fra en middelværdi-betragtning faldet med ca 0,5°C. Dog er de daglige udsving blevet reduceret således, at temperaturen i boligen er blevet mere konstant efter renoveringen. Kategori A og B opnås i dette hus i størstedelen af tiden.

4.2 Atmosfærisk indeklima

Følgende observationer er gjort ifm målingerne af det atmosfæriske indeklima:

Mejløvænget 9

Da huset er blevet tættere efter renoveringen er den naturlige ventilation i huset i vinterperioden også reduceret. Dette ses også ud fra målingerne af CO₂, som alle er steget efter renoveringen. I køkkenet er niveauet i de kolde måneder ca 1300 ppm og i stuen 1250 ppm. I børneværelset er niveauet lidt lavere – dvs 1100 ppm. Værdierne er alle i den høje ende, hvis ønsket om at opnå kategori B skal opnås. I stedet opnås, når middelværdien betragtes, kategori C. CO₂-niveauet i huset falder i takt med at udetemperaturen stiger, og husets beboere åbner døre og vinduer mere, og i sommerperioden er der ingen problemer med et forhøjet CO₂-niveau.

Ved vurdering af den relative luftfugtighed (RF) er luften i januar – marts 2010 ca 5 %-point lavere end sidste år, hvilket kan forklares med den meget lave udetemperatur i samme periode.

Langøværnet 1

Også Langøværnet 1 har fået mindsket den naturlige ventilation ifm renoveringen på grund af en øget tæthed af klimaskærmen. I køkkenet er stigningen ca 350 ppm og i stuen 400 ppm, hvilket svarer til at middelværdien for CO₂-indholdet i luften er ca. 1250-1300 ppm. Konklusionen er dermed den samme som i Mejløværnet, nemlig at kun kategori C opnås i middelbetragtningen. I dette hus er niveauet også pænere i de varme måneder, hvor døre og vinduer oftere holdes åbne.

Efter renoveringen registreres også CO₂-niveauet i soveværelset. Af disse målinger ses det, at udluftningen i soveværelset bør forøges da niveauet de fleste nætter kommer op omkring 2500-3000 ppm. Middelværdien i soveværelset er omkring 1500 ppm og niveauet kommer sjældent ned omkring udeluftens niveau.

Den relative fugtighed (RF) i huset er stort set uændret efter renoveringen. Det ville her forventes, at RF ville stige når ventilationen i huset blev reduceret, men da udetemperaturen i vinteren 2010 var meget kold, vil dette medføre en mere tør luft indendørs.

Farøværnet 4

I Farøværnet 4 er CO₂-niveauet i huset også steget. Her ligger stigningen på ca. 300-400 ppm, hvilket svarer til en ændring fra 1200 ppm til 1500-1600 ppm.

Også i Farøværnet er der meget dårlig luftkvalitet i soveværelset i de kolde måneder, hvor vinduerne holdes lukket. CO₂-niveauet pendler mellem 600-800 ppm (om aftenen) og helt op til 3000 ppm (om morgenen). I april falder niveauet i en periode og kommer kun op på 2000 ppm – enten pga reduceret belastning eller pga øget udluftning. I sommermånederne er det tydeligt, at der soves med åbent vindue – her kommer niveauet kun op på omkring 2000 ppm.

Den relative luftfugtighed i huset er stort set uændret efter renoveringen.

Langøværnet 8

Ved vurdering af CO₂-niveauet i Langøværnet 8 er dette ikke steget efter renoveringen, som det er sket i de øvrige huse. I Langøværnet holdes middelværdien for CO₂-niveauet før og efter renoveringen på samme niveau, hvilket vil sige omkring 800 ppm i de kolde måneder. Udsvingene er derimod blevet væsentligt mindre. Hvor der inden renovering nemt kunne opnås 2500 ppm stiger niveauet efter renovering kun til omkring 1500 ppm, hvilket er en klar forbedring.

I soveværelset og børneværelset, som begge ligger på 1. sal i huset, ligger middelværdien på ca. 1000 ppm, hvilket også er væsentligt bedre end eksempelhusene. Niveauet her stiger til 1200-1400 ppm i løbet af natten. Ud fra dette ses tydeligt effekten af det installerede ventilationsanlæg, som opretholder en god luftkvalitet i huset.

Den relative luftfugtighed i huset er uændret. Her kunne der ellers være risiko for meget tør luft i de kolde måneder, men dette har ikke været tilfældet her.

5. Målinger af energiforbrug

Ved målinger af energiforbruget præsenteres energi til rumopvarmning, energi til varmt brugsvand samt husenes el-forbrug særskilt i hhv afsnit 5.1, 5.2 og 5.3. For at kunne sammenligne tallene med de forventede besparelser fra Be06 foretages der i afsnit 5.4 en vurdering af den samlede besparelse. Endelig foretages der i afsnit 5.5 en sammenligning af energiforbruget efter renovering mellem beregningerne lavet i Be06 og målingerne foretaget i husene.

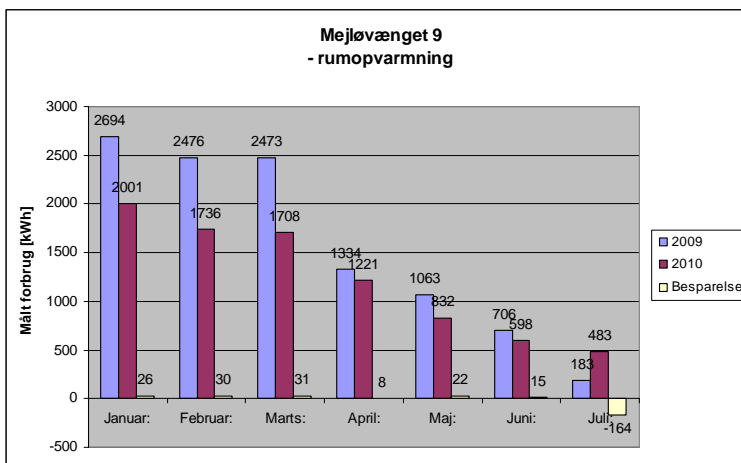
Alle data i dette kapitel er baseret på rå-data, hvilket vil sige at der ikke tages hensyn til de udsving i energiforbrugene, som kan forklares ud fra beboernes adfærd. Behandlingen af dette foretages i kapitel 6.

5.1 Rumopvarmning

For at kunne sammenligne det målte energiforbrug til rumopvarmning før og efter renoveringen graddøgnkorrigeres værdierne med graddagene målt i Ødum af DMI. Der benyttes vindkorrigerede graddage. Der foretages ikke graddøgnskorrigering fra juni til og med september. Normalt skulle maj heller ikke korrigeres, men da denne måned i 2010 var meget kold, korrigeres der undtagelsesvist for dette.

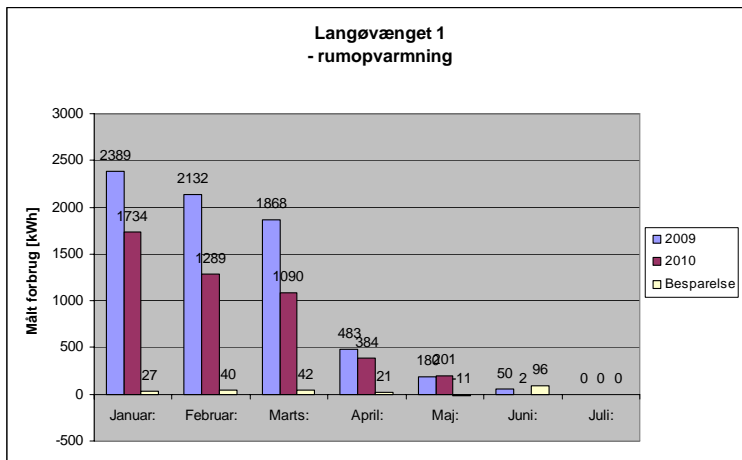
Mejløvænget 9

I Mejløvænget findes de største besparelser til rumopvarmning i løbet af årets første tre måneder. Herefter reduceres besparelserne hen mod sommeren, og i juli måned 2010 bliver der brugt væsentligt mere energi til rumopvarmning end samme måned i 2009. Dette skyldes brug af husets gulvvarmeanlæg, som ved Be06-beregningerne af energiforbruget antages at være slukket i sommerperioden. Det ses i Figur 5.1, at brugen af gulvvarme er en væsentlig del af det samlede energiforbrug, da det kan antages, at ingen af huset radiatorer er åbnet i juli måned.



Figur 5.1. Energiforbrug til rumopvarmning i Mejløvænget 9. Besparelser angivet i %

Langøvænget 1

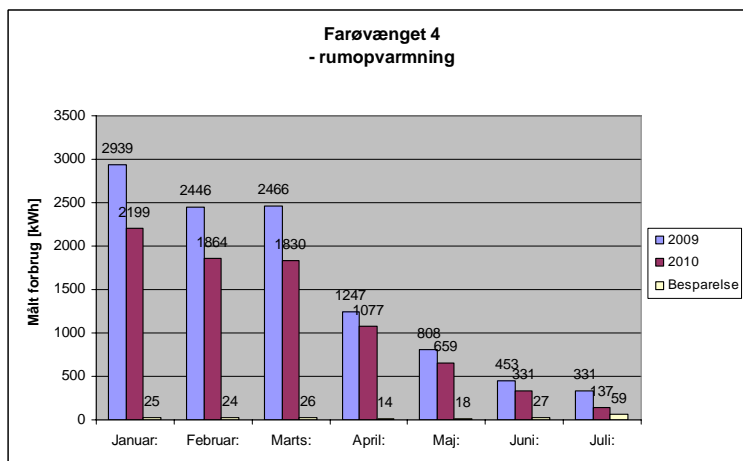


Figur 5.2. Energiforbrug til rumopvarmning i Langøvænget 1. Besparelser angivet i %

I Langøvænget 1 ses samme mønster for besparelserne som i Mejløvænget. Også her opnås de største besparelser i januar til marts måned. I Langøvænget 1 slukkes helt for varmen i juli måned, og forbruget i juni er meget begrænset.

Farøvænget 4

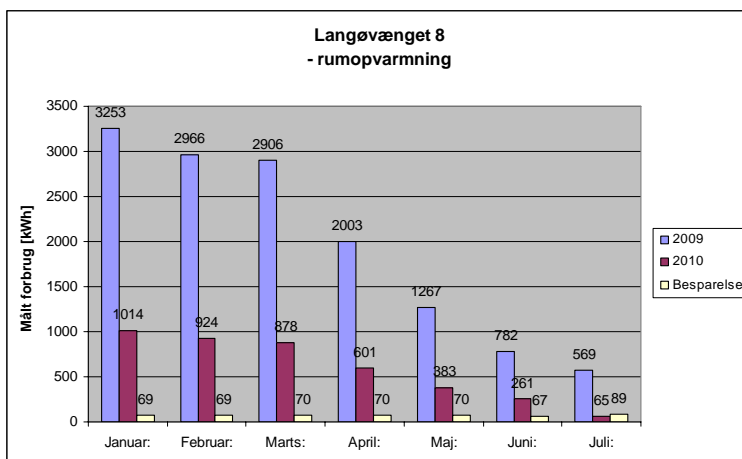
I Farøvænget 4 er besparelserne væsentligt mindre end forventet, når energiforbruget til rumopvarmning vurderes. En af årsagerne til dette er, at der i husets bryggers inden renovering kun var sparsomt opvarmet af en el-drevet radiator, og energiforbruget til denne vil ikke fremgå af målingerne til rumopvarmning, da det udelukkende er forbruget af fjernvarme der fremgår af dette.



Figur 5.3. Energiforbrug til rumopvarmning i Farøvænget 4. Besparelser angivet i %.

Efter renovering opvarmes husets bryggers af en radiator tilkoblet fjernvarme, men varmetabet fra netop dette rum må antages at være stort, da døren i bryggerset er meget utæt, og ikke er udskiftet i forbindelse med renoveringen (jf. resultaterne fra termografering i kapitel 2). Desuden er huset udvidet med flere m² ved inddragelse af den overdækkende terrasse i stuen, hvilket gør, at den forventede besparelse ikke direkte kan sammenlignes med Figur 5.3. Denne ændring er beskrevet i kapitel 1.

Langøvænget 8



I Langøvænget 8 er de opnåede besparelser på rumopvarmningen tæt på det forventede. Dette gælder jævnt over samtlige registrerede måneder. En væsentlig besparelse her skyldes den store forøgelse af husets tæthed, som reducerede varmetabet ved infiltration med 85% (jf afsnit 2).

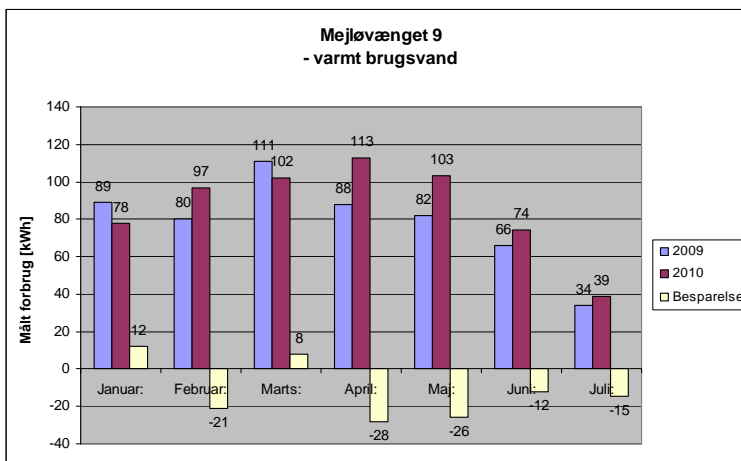
Figur 5.4. Energiforbrug til rumopvarmning i Langøvænget 8. Besparelser angivet i %.

5.2 Varmt brugsvand

Der er ikke i EnergiParcel-projektet søgt besparelser på det varme brugsvand. Det er derfor forventeligt, at dette forbrug er uændret, men da der i to af husene har været familieførøgelser, vil dette muligvis kunne ses på energiforbruget til opvarmning af varmt brugsvand.

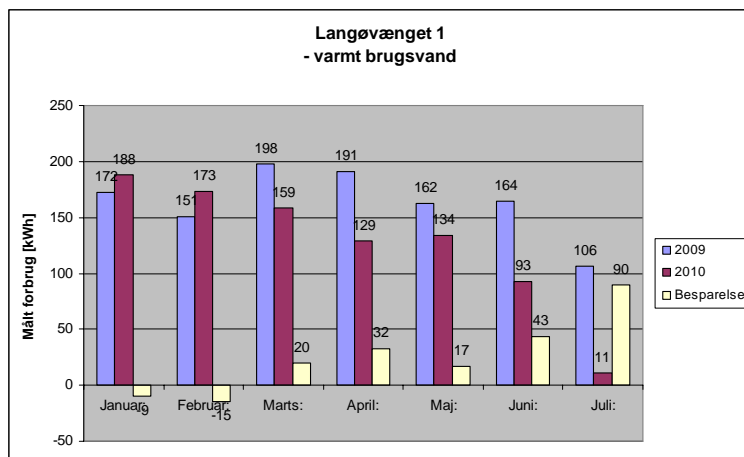
Mejløvænget 9

I Mejløvænget 9 registreres der fra februar et stigende energiforbrug til varmt brugsvand (VB) – dog med undtagelse af marts måned. Dette hus har både i 2009 og 2010 et meget lavt energiforbrug til VB i forhold til de øvrige huse, så stigningen bør ikke betragtes som alarmerende.



Figur 5.5. Energiforbrug til varmt brugsvand i Mejløvænget 9. Besparelser angivet i %.

Langøvænget 1

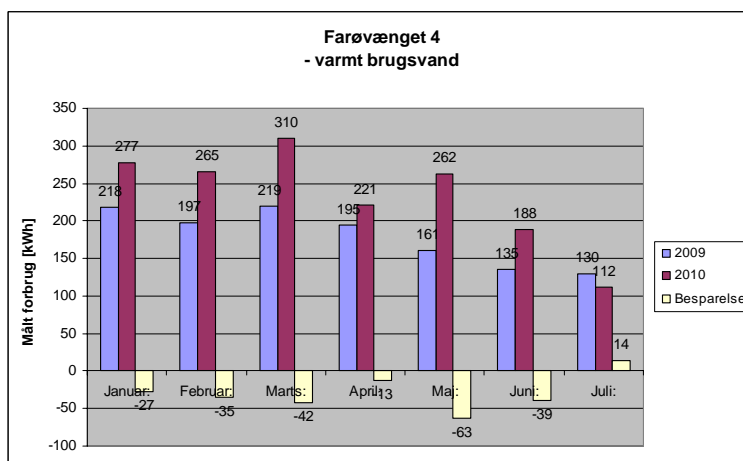


Figur 5.6. Energiforbrug til varmt brugsvand i Langøvænget 1. Besparelser angivet i %.

I Langøvænget 1 reduceres energiforbruget til VB fra marts måned. Dette skyldes muligvis problemer med mindre tryk i husets vandværk, som er startet omkring marts/april. Dette er i skrivende stund ikke afklaret.

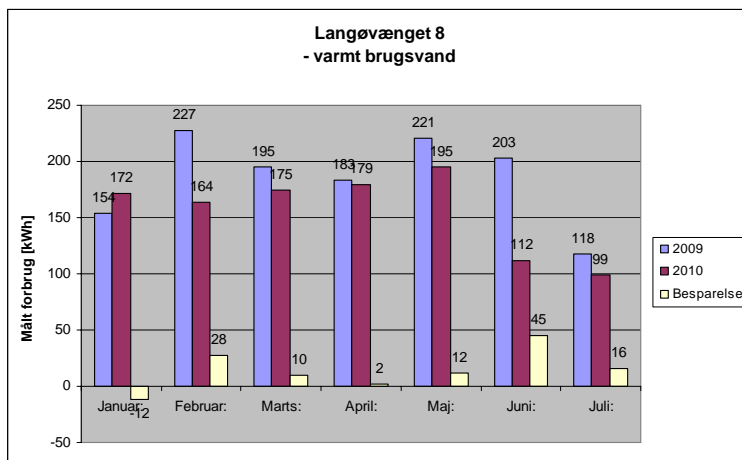
Farøvænget 4

I Farøvænget 4 er vandforbruget steget i 2010 sammenlignet med 2009. Denne stigning skyldes en familieførelse, og efterfølgende, at mor går hjemme på barsel. Familiens vandforbrug ligger højt i forhold til de øvrige huse. En af forklaringerne på dette er hyppig brug af badekar samt en utæthed i vandhanen, som giver et stort vandspild af det varme vand.



Figur 5.7. Energiforbrug til varmt brugsvand i Farøvænget 4. Besparelser angivet i %.

Langøvangen 8



Figur 5.8. Energiforbrug til varmt brugsvand i Langøvangen 8. Besparelser angivet i %.

I Langøvangen 8 er vandforbruget stort set uændret. Dog er der et stort fald i forbruget i juni 2010. Dette kan forklares ved, at familien i en periode af juni har været bortrejst, men ikke var bortrejst i samme periode i 2009.

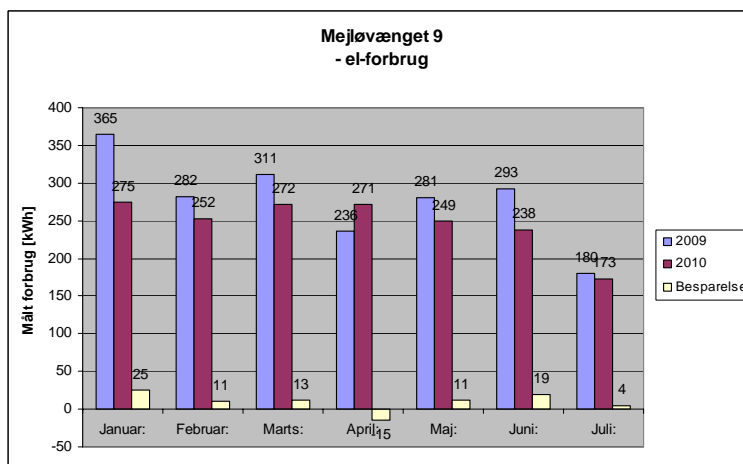
Desuden er beboerne bortrejst i januar 2009, hvilket medfører et lavere forbrug i denne måned, og dermed en forøgelse af energiforbruget til varmt vand i januar 2010 i stedet for en reduktion.

5.3 El-forbrug

Ved registrering af elforbruget er der i projektet kun målt på husstandens samlede elforbrug. Dog er der efter renoveringen opsat separate målere på ventilationsanlægget og cirkulationspumper i Langøvangen 8. I Be06-beregningen, som de forventede besparelser i kapitel 1 er baseret på, medtages kun el til bygningsdrift. Da elforbruget registreres samlet, er det ikke muligt at opdele i el til husholdning og el til bygningsdrift. Det antages derfor, at alle el-besparelser er bygningsrelaterede, og ændringer i el-forbruget fra 2009 til 2010 medtages derfor som en besparelse ved den endelige vurdering af husets samlede energibesparelse i kapitel 6.

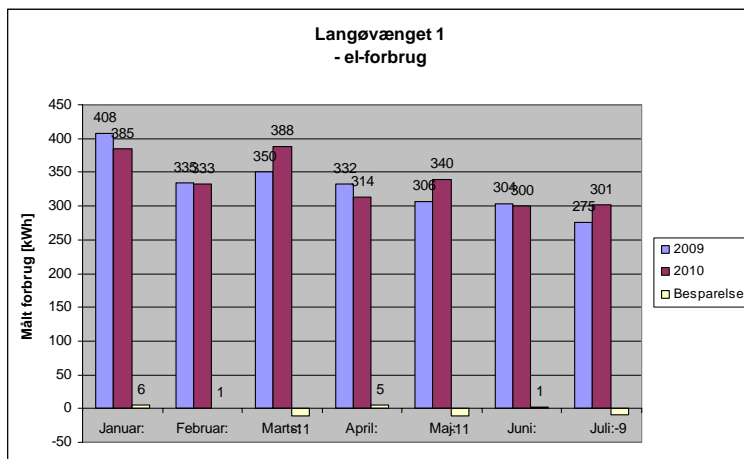
Mejløvænget 9

I Mejløvænget 9 er elforbruget stort set uændret, hvilket fremgår af Figur 5.9. Dog stiger el-forbruget en del i april i modsætning til de andre måneder, hvor det er faldet.



Figur 5.9. Det målte totale el-forbrug i Mejløvænget 9. Besparelser angivet i %.

Langøvænget 1

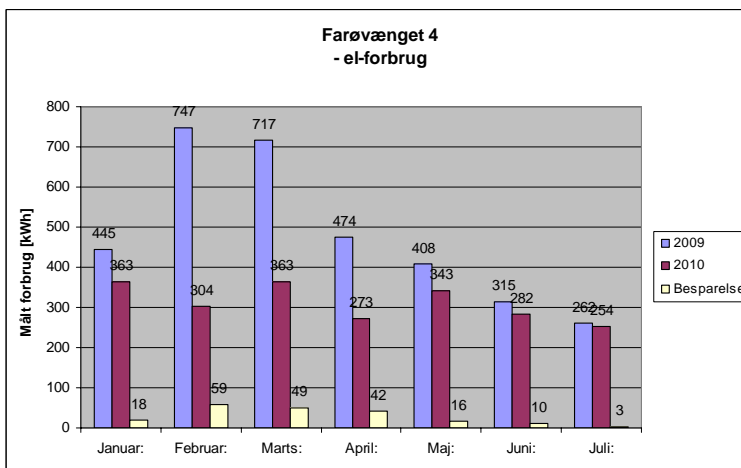


Figur 5.10. Det målte totale el-forbrug i Langøvænget 1. Besparelser angivet i %.

I Langøvænget 1 er der små udsving i el-forbruget, hvilket ses på Figur 5.10. Værst ser det ud i marts og maj, hvor el-forbruget er forøget i 2010 med ca. 11 %.

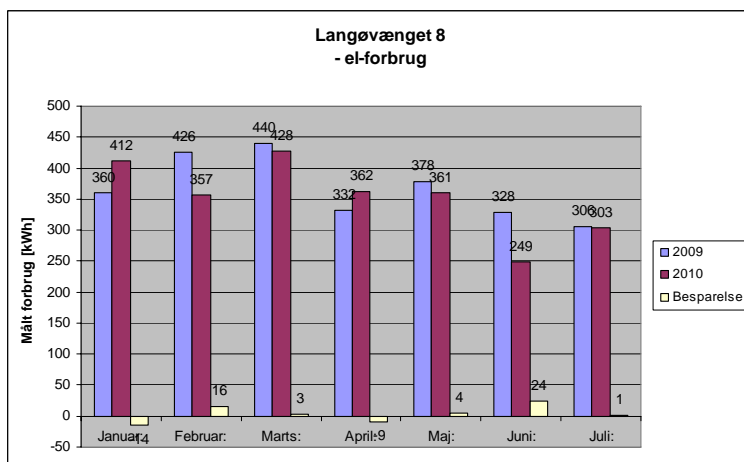
Farøvænget 4

I Farøvænget 4 er der stor reduktion af elforbruget i januar til april 2010 i forhold til samme periode i 2009. Dette skyldes opstillingen af den el-drevne radiator i bryggerset, som efter renoveringen er ændret til fjernvarme. Forbruget i januar 2009 er væsentligt mindre end februar og marts 2009. Dette skyldes af radiatoren først blev opstillet midt i denne måned. Det ses af el-målingerne fra januar 2009, at radiatoren er startet sidst på måneden.



Figur 5.11. Det målte totale el-forbrug i Farøvænget 4. Besparelser angivet i %.

Langøvænget 8



Figur 5.12. Det målte totale el-forbrug i Langøvænget 8. Besparelser angivet i %.

I Langøvænget 8 er elforbruget næsten uændret til trods for, at der her er installeret et ventilationsanlæg. Anlægget bruger dog kun ca. 15-20 kWh pr måned, men giver væsentlige besparelser på varmeregningen, da anlægget genanvender varmen i udsugningsluften. Desuden er der sparet el i Langøvænget efter annulleringen af cirkulationsleningen til garagen. I januar 2009 var beboerne bortrejst, hvilket medfører et lavere forbrug i denne måned, og dermed en forøgelse af energiforbruget i stedet for en reduktion. I juni 2010 skyldes

udsvinget også ferie.

5.4 Samlet energibesparelse for rumopvarmning, varmt brugsvand og el til bygningsdrift – ukorrigeret data

I dette afsnit sammenlægges de opnåede energibesparelser på hhv rumopvarmning, varmt brugsvand og el til bygningsdrift. Denne sammenligning foretages ud fra rådata. Det vil sige, at der ikke korrigeres for fx øget el-forbrug pga familieforøgelse, brug af gulvvarme i sommermåneder osv. Denne korrigeret vil blive foretaget i kapitel 6. Det er i beregningen antaget, at ændringer i el-forbruget fra 2009 til 2010 alle skyldes besparelser på bygningsdriften. Denne antagelse er nødvendig, da der kun er foretaget målinger af det totale el-forbrug. El-forbruget er multipliceret med en faktor 2,5, da det er denne faktor, der benyttes i Be06 ved omregning til primær energiforbrug. Besparelsen beregnes dermed som

$$\frac{((\text{var me} + \text{var mt brugsvand})_{2009} - (\text{var me} + \text{var mt brugsvand})_{2010}) + (el_{2010} - el_{2009}) \cdot 2,5}{(\text{var me} + \text{var mt brugsvand})_{2009}} \cdot 100\%$$

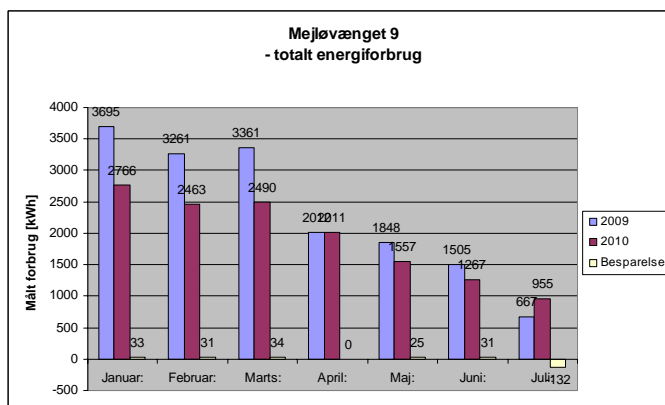
Denne beregningsform gør, at besparelsen ikke direkte kan beregnes af energiforbrugene vist hver måned i nedenstående figurer, men skal baseres på energiforbrugene vist i afsnit 5.1 til 5.3.

Ved beregning af besparelserne benyttes en pris på 60 øre pr kWh varme og 150 øre pr kWh el.

Mejløvænget 9 – forventet besparelse på 32%

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	33%	704	90	557 kr
Februar	31%	722	30	478 kr
Marts	34%	774	39	523 kr
April	0%	88	-35	0 kr
Maj	25%	211	32	174 kr
Juni	31%	100	55	143 kr
Juli	-132%	-305	7	-173 kr
Middel:	3%	328	31	243 kr/måned

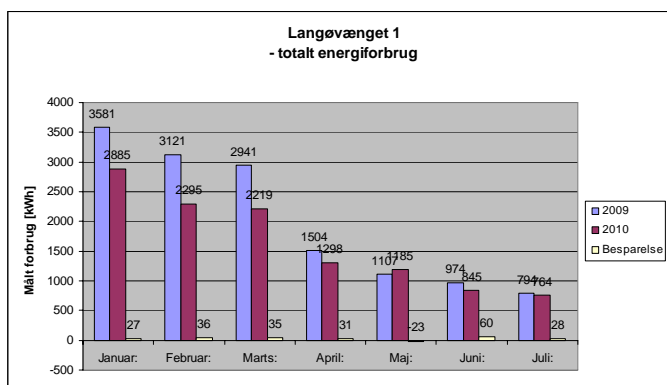
Det fremgår af dataene for Mejløvænget 9, at der i juli er stor afvigelse på data. Dette skyldes brugen af gulvvarme, som burde have været slukket, når der vurderes ud fra et energiøkonomisk synspunkt. Desuden er der ikke nogen besparelse i april pga det forøgede el-forbrug denne måned.



Langøværnet 1 – forventet besparelse på 43%

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	27%	638	23	418 kr
Februar	36%	821	2	496 kr
Marts	35%	817	-38	433 kr
April	31%	161	18	124 kr
Maj	-23%	8	-34	-46 kr
Juni	60%	119	4	77 kr
Juli	28%	95	-26	18 kr
Middel:	28%	380	-7	217 kr/måned

Reduceret vandforbrug giver forøgede energibesparelser, men da reduktionen i dette energiforbrug muligvis skyldes en teknisk fejl i varmeanlægget, giver dette et forkert billede af de opnåede besparelser, da forbruget til varmt vand ikke burde ændre sig. Der er ikke foretaget aktive tiltag for at spare på det varme vand i huset. Desuden stiger el-forbruget med 11% i marts og maj samt 9% i juli, hvilken kun kan forklares ved en ændring i brugernes adfærd.



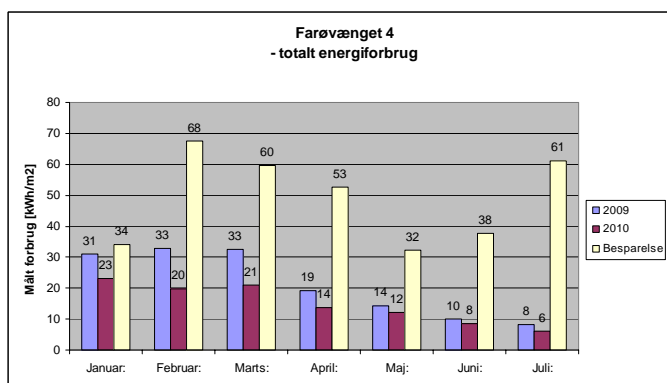
Farøværnet 4 – forventet besparelse på 52%

OBS! Da arealet af huset i Farøværnet er forøget ved inddragelsen af den overdækkede terrasse mod vejen, regnes der ved udregning af den procentvise besparelse i kWh/m² i stedet.

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	34%	681	82	532 kr
Februar	68%	514	443	973 kr
Marts	60%	545	354	858 kr
April	53%	144	201	388 kr
Maj	32%	48	65	126 kr
Juni	38%	69	33	91 kr
Juli	61%	212	8	139 kr
Middel:	49%	316	169	444 kr/måned

I Farøværnet 4 er der en stor reduktion i el-forbruget især i februar, marts og april pga konverteringen fra el-drevet radiator til fjernvarme. Da alle besparelser på el-forbruget medregnes som besparelser på bygningsdriften er dette allerede medtaget i denne beregning og skal ikke senere korrigeres.

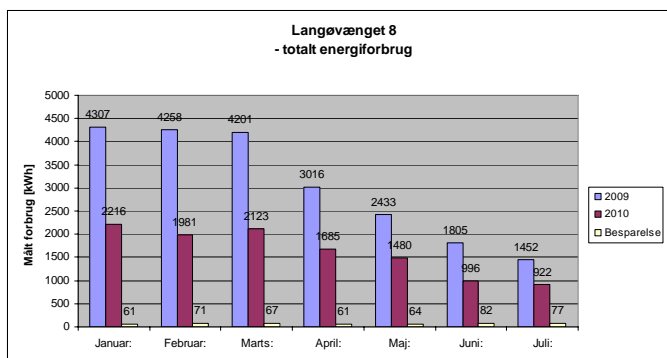
I Farøværnet har der desuden været et forøget vandforbrug pga. familieførøgelse, som reducerer energibesparelserne en anelse.



Langøværnet 8 – forventet besparelse på 78%

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	61%	2221	-52	1255 kr
Februar	71%	2105	69	1366 kr
Marts	67%	2048	12	1247 kr
April	61%	1406	-30	798 kr
Maj	64%	910	17	571 kr
Juni	82%	612	79	486 kr
Juli	77%	523	3	318 kr
Middel:	69%	1403	14	863 kr/måned

I Langøværnet 8 er de forventede besparelser næsten opnået, og der er i dette hus ikke de samme udsving i besparelserne, som i de øvrige huse. Dog er besparelsen i juni måned forholdsvis høj, da familien er bortrejst på ferie i juni 2010, men ikke er bortrejst i samme periode i 2009. Desuden er besparelse i januar en anelse for lav, da familien var bortrejst i januar 2009 og dermed havde et reduceret forbrug af el og varmt vand.



5.5 Beregnet energiforbrug sammenlignet med målt forbrug – baseret på rå-data

De forventede energibesparelser i EnergiParcel er alle baseret på beregninger af energiforbruget hhv før og efter renovering foretaget i Be06. Der er for januar til marts 2010 foretaget simuleringer til sammenligning mellem beregnet og målt energiforbrug, hvor aktuelt vejrdato og brugerbelastning er indtastet i Be06. Af denne sammenligning fremgik det, at de målte forbrug var lavere end de beregnede. Resultaterne af dette fremgår af rapporten "Validering af Be06 resultater, EnergiParcel".

Da der endnu ikke foreligger data for et års målinger er det svært at give et endeligt bud på hvordan energiforbruget pr. m² pr. år vil ende, men følgende tabel giver et foreløbigt bud på tallet. I tabellen sammenlignes kun energiforbrug til rumopvarmning og varmt vand, da der, som beskrevet ovenfor, er stor usikkerhed på besparelserne på el-forbruget. Middelværdien for januar til juni 2010 er brugt til at give et skøn for det årlige forbrug. Den skønnede værdi vil sandsynligvis være i overkanten, da der i første halvår kun er ca. to måneder (maj-juni) med lavt forbrug, hvor der i andet halvår er ca 3 mdr (juli-september). Sammenligningen er baseret på rå-data. En tilsvarende sammenligning vil blive foretaget for det korrigerede data i kapitel 6.

	Areal [m ²]	Varmeforbrug iflg Be06 [kWh/m ² pr år]	Skøn af årligt varmeforbrug Baseret på målt forbrug januar-juni 2010 – rå-data [kWh/m ² pr år]
Mejløvænget 9	155,5	135,6	111,4
Langøvænget 1	137,4	117	81,2
Farøvænget 4	146,2	112,4	129,7
Langøvænget 8	180,9	38,4	55,9

Tabel 5.1. Foreløbigt skøn af det årlige energiforbrug pr m² baseret på rå-data.

Det fremgår af sammenligning i ovenstående tabel, at energiforbruget i Langøvænget 1 ligger væsentligt under det beregnede. En grund til dette er at husets nordlige del ikke opvarmes, hvilket omtales i afsnit 4.1 vedr det termiske indeklima.

6. Vurdering af resultater for energiforbruget og - besparelser

Da der i datasættene forekommer forskellige afvigelser, som kan forklares ud fra brugeradfærden i huset, fx øget vandforbrug pga familieførøgelser, ferie og andre afvigelser beskrevet i afsnit 5.4, vil der i dette afsnit blive opstillet et besparelser-scenarie for hvert hus, hvor der korrigeres for disse afvigelser.

6.1 Besparelser-scenarier ved korrigerende af data

Ud fra de fundne afvigelser i brugernes adfærd (beskrevet i afsnit 5.4), beregnes i dette afsnit et mere realistisk bud på den opnåede energibesparelse. Der er i disse beregninger brugt samme beregningsmetoder som i afsnit 5.4, dvs at al sparet el antages sparet på bygningsdriften.

Ved beregning af besparelserne benyttes igen en pris på 60 øre pr kWh varme og 150 øre pr kWh el.

Mejløvænget 9 – forventet besparelse på 32%

Scenarie 1: Gulvvarme i juni og juli 2010 sættes til samme niveau som juli 2009

I denne beregning er det antaget, at varmekonsum i juli 2010 = juli 2009 og i juni 2010 = målt værdi juni 2010 - (målt forbrug juli 2010 - juli 2009). Hermed antages gulvvarmen stadig at være i brug i 2010, men indstillet på samme niveau som i 2009.

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	33%	704	90	557 kr
Februar	31%	722	30	478 kr
Marts	34%	774	39	523 kr
April	0%	88	-35	0 kr
Maj	25%	211	32	174 kr
Juni	70%	400	55	323 kr
Juli	6%	-5	7	8 kr
Middel:	28%	413	31	295 kr/måned

Scenarie 2: Besparelse på el i april 2010 er 14% ift 2009.

El-forbruget falder mod forventning ikke i april 2010. Ved dette scenarie reduceres el-forbruget i april 2010 med 14% ift april 2009. 14% er middelværdien af besparelsen de øvrige analyserede måneder.

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	33%	704	90	557 kr
Februar	31%	722	30	478 kr
Marts	34%	774	39	523 kr
April	12%	88	33	102 kr
Maj	25%	211	32	174 kr
Juni	31%	100	55	143 kr
Juli	-132%	-305	7	-173 kr
Middel:	5%	328	41	258 kr/måned

Scenarie 3: Scenarie 1 + scenarie 2

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	33%	704	90	557 kr
Februar	31%	722	30	478 kr
Marts	34%	774	39	523 kr
April	12%	88	33	102 kr
Maj	25%	211	32	174 kr
Juni	70%	400	55	323 kr
Juli	6%	-5	7	8 kr
Middel:	30%	413	41	309 kr/måned

Hermed er der via ovenstående korrigeringer opnået et mere realistisk tal for energibesparelsen i Mejløvænget, som nærmer sig den beregnede værdi på 32%.

Langøvænget 1 – forventet besparelse på 43%

Scenarie 1: Energi til varmt brugsvand 2010 = energi til varmt brugsvand 2009.

Dermed elimineres de udsving på energiforbruget til det varme brugsvand, som ikke kan forklares via aktive tiltag, men i stedet muligvis skyldes tryktab i rørene.

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	28%	654	23	427 kr
Februar	37%	843	2	509 kr
Marts	33%	778	-38	410 kr
April	21%	99	18	87 kr
Maj	-31%	-20	-34	-63 kr
Juni	27%	48	4	35 kr
Juli	-61%	0	-26	-39 kr
Middel:	8%	343	-7	195 kr/måned

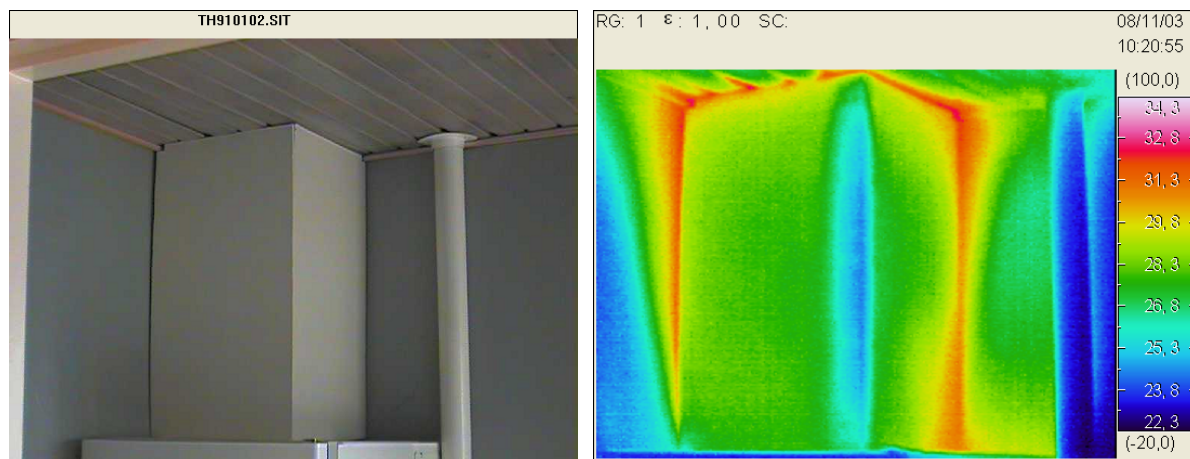
Scenarie 2: Kun energiforbruget til rumopvarmning betragtes.

Som det fremgår af ovenstående er den forventede besparelse i Langøvænget 1 langt fra opnået når der kigges på målingerne. Dog er det et forøget elforbrug der giver de meget store afvigelser i maj og juni. Ses der i stedet kun på besparelsen på varmekonsumet, dvs at energiforbruget til varmt vand er det samme i 2009 og 2010, og el-forbruget holdes ude af beregningen, fås følgende besparelser:

	Besparelse [%]	Sparet Varme [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	27%	654	-	393 kr
Februar	40%	843	-	506 kr
Marts	42%	778	-	467 kr
April	21%	99	-	60 kr
Maj	-11%	-20	-	-12 kr
Juni	96%	48	-	29 kr
Juli	0%	0	-	0 kr
Middel:	31%	343	-	206 kr/måned

Selvom det kun er energien til rumopvarmning der betragtes, er målet for huset stadig langt fra at være opnået. En af forklaringerne på dette kan være, at huset ikke er så lufttæt som det er antaget i beregningerne, men ved kontrol af dette i Be06-beregningen, viser det sig, at det ikke er her fejlen ligger. Gennemgangen af data for husets indeklima i kapitel 4 viser desuden, at det heller ikke er en øget rumtemperatur, der kan være skyld i de manglende besparelser.

En anden fejlkilde kan være den "gratis" varme der kom fra oliefyret. Grunden til, at den her bør betragtes som gratis er, at energiforbruget til opvarmningen af huset inden renovering er registreret via den varme, der blev sendt ud i husets varmerør fra oliefyret. Det reelle olieforbrug til oliefyret er ikke målt. Energien til den varme, der blev afgivet fra selve fyret er dermed ikke registreret, men vil have bidraget til en forøgelse af rumtemperaturen i huset. Dette kan illustreres via det termografiske billede i nedenstående figur, som viser høje overfladetemperaturer på afkastet over oliefyret.



Figur 6.1. Måling af overfladetemperaturer på skorsten lige over oliefyret i husets bryggers

Endelig kan den lille besparelse skyldes, at de beregnede energiforbrug i dette hus ligger langt fra de faktiske energiforbrug på grund af de uopvarmede værelser i husets nordlige ende. Forskellen mellem målt og beregnet fremgår i sammenligningen i Tabel 5.1, hvor det fremgår, at det målte energiforbrug kun er ca. 2/3 af det beregnede. Hvis samme fejl forekommer ved beregningen af husets energiforbrug inden renovering, vil det være svært at genfinde den beregnede besparelse ved analyse af målingerne.

Farøværnet 4 – forventet besparelse på 52%**Scenarie 1: Vandforbrug 2010 = 2009. Dermed elimineres effekt af familieførøgelse**

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	36%	740	82	567 kr
Februar	70%	582	443	1014 kr
Marts	62%	636	354	913 kr
April	54%	170	201	403 kr
Maj	41%	149	65	187 kr
Juni	45%	122	33	123 kr
Juli	56%	194	8	128 kr
Middel:	52%	371	169	476 kr/måned

Som det ses, er den forventede energibesparelse i Farøværnet opnået. Dette til trods for problemerne med opvarmningen af bryggerset, som tidligere ikke har været ordentligt opvarmet pga opvarmningen med den el-drevne radiator. Dette kan skyldes, at man, ved inddragelsen af den overdækkede terrasse, har reduceret husets ydervægsareal, da man omdannede siderne i terrassen fra ydervægge til indervægge.

Langøværnet 8 – forventet besparelse på 78%**Scenarie 1: El og vandforbrug i juni 2010 ekstrapoleres fra de dage familien er hjemme til resten af måneden.***Dermed elimineres effekt af familiens ferie i denne måned*

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	61%	2221	-52	1255 kr
Februar	71%	2105	69	1366 kr
Marts	67%	2048	12	1247 kr
April	61%	1406	-30	798 kr
Maj	64%	910	17	571 kr
Juni	72%	587	49	425 kr
Juli	77%	523	3	318 kr
Middel:	68%	1400	10	854 kr/måned

Scenarie 2: Vand og el-forbrug for januar 2009 er regnet som middelværdi af februar og marts 2009.

Hermed elimineres effekt af beboernes ferie i en stor del af januar.

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	67%	2278	21	1398 kr
Februar	71%	2105	69	1366 kr
Marts	67%	2048	12	1247 kr
April	61%	1406	-30	798 kr
Maj	64%	910	17	571 kr
Juni	82%	612	79	486 kr
Juli	77%	523	3	318 kr
Middel:	70%	1412	24	884 kr/måned

Scenarie 3: Scenarie 1 + scenarie 2

	Besparelse [%]	Sparet V+VBV [kWh]	sparet EL [kWh]	Samlet besparelse i kr
Januar	67%	2278	21	1398 kr
Februar	71%	2105	69	1366 kr
Marts	67%	2048	12	1247 kr
April	61%	1406	-30	798 kr
Maj	64%	910	17	571 kr
Juni	72%	587	49	425 kr
Juli	77%	523	3	318 kr
Middel:	69%	1408	20	875 kr/måned

Som det ses er den totale besparelse ikke helt den samme som forudsat fra Be06-beregningerne. En af årsagerne kan være relateret til brugeradfærden. Bl.a. er der en stigning i elforbruget i april, som reducerer besparelsen en del. Dette udsving kan ikke forklares. Dog er besparelsen stadig forholdsvis tæt på det forventede.

6.2 Beregnet energiforbrug sammenlignet med målt forbrug – baseret på korrigeret data

På samme måde som i afsnit 5.5, sammenlignes her det målte forbrug med det beregnede. Forskellen i de to sammenligninger er, at sammenligningen i dette afsnit vil være baseret på de scenarier der er opstillet for at korrigere for brugernes adfærd og andre udsving, som kan forklares i husene (gennemgået i forrige afsnit). Dog medtages el-forbruget til bygningsdrift stadig ikke, da størrelsen er ukendt.

Da der endnu ikke foreligger data for et års målinger er dette et foreløbigt skøn over tallet. I denne sammenligning benyttes igen energibehovet til varme og varmt brugsvand fundet i Be06-beregningen. Dvs at el-forbruget ikke indgår i beregningen.

Middelværdien for januar til juni 2010 er brugt til at give et skøn for det årlige forbrug. Den skønnede værdi vil sandsynligvis være i overkanten, da der i første halvår kun er ca. to måneder (maj-juni) med lavt forbrug, hvor der i andet halvår er ca 3 mdr (juli-september).

	Areal [m ²]	Varmeforbrug iflg Be06 [kWh/m ² pr år]	Scenarie brugt til sammenligningen	Skøn af årligt varmekorrigeret forbrug Baseret på korrigeret forbrug januar-juni 2010 [kWh/m ² pr år]
Mejløvænget 9	155,5	135,6	3	107,6
Langøvænget 1	137,4	125,5	1	83,5
Farøvænget 4	146,2	105,9	1	125,4
Langøvænget 8	180,9	38,6	3	56,2

Tabel 6.1. Foreløbigt skøn af det årlige energiforbrug pr m² baseret på korrigeret data ud fra de nævnte scenarier.

Ud fra ovenstående tabel ses et skøn over det opnåede energiforbrug i husene efter energirenoveringen. Det målte energiforbrug i Langøvænget 1 ligger langt under det beregnede, hvilket delvist kan tilskrives brugernes energibevindte adfærd, som ses fx via den slukkede gulvvarme i sommermånederne og de uopvarmede rum, som kun forekommer i dette hus.

I Langøvænget 8 har huset, når beregningerne vurderes, opnået lavenergiklasse 1. Når målingerne vurderes har huset ikke helt formået at passere den magiske linie til lavenergiklasse 1, men kan, ud fra dette foreløbige skøn, kaldes lavenergiklasse 2. Dog vil huset rent teknisk være et lavenergiklasse 1 hus, da det er energiberegningen der fastlægger energiklassen.

Problematikken i, hvorvidt de beregnede energiforbrug stemmer overens med de målte, fremhæves ved at foretage et skøn ud fra målingerne for energiforbruget i huset inden renoveringen. Da der ikke er målt et helt år inden renoveringen blev opstartet, vil skønnet blive baseret på målingerne fra januar til juni 2009. Denne vurdering kan også kun foretages for varme og varmt brugsvand, som i ovenstående tabel. Resultatet af denne sammenligning ses i Tabel 6.2. Værdien for Be06-resultatet af før-beregningen indeholder også el til bygningsdrift, da original-beregningen ikke er til rådighed ved vurderingen. Dog skønnes el-forbruget til maksimalt at være 5% af det samlede forbrug.

	Areal [m ²]	Varmeforbrug før renovering iflg Be06 [kWh/m ² pr år]	Målt - baseret på middel af januar-juni 2009 [kWh/m ² pr år]
Mejløvænget 9	155,5	198,5	144,8
Langøvænget 1	137,4	220,7	118,5
Farøvænget 4	137,7	222,9	166,8
Langøvænget 8	180,9	197,3	158,8

Tabel 6.2. Beregnet skøn af det årlige energiforbrug i husene inden renovering.

Det fremgår af ovenstående tabel, at udgangspunktet i alle husene har været mindre end antaget via beregningerne, hvilket vil gøre det svært at ramme de beregnede besparelser præcist. Afvigelsen er størst i Langøvænget 1, hvor også den mindste målte besparelse er opnået.

7. Konklusion

Denne rapport bygger på de foreløbige resultater af måleprojektet i EnergiParcel gennemført af Aalborg universitet. Rapporten er udført som markering på afslutningen af selve renoveringsprojektet i de fire huse. En endelig konklusion for målingerne vil derfor ikke forefindes før afslutningen af selve måleprojektet, som afsluttes ved udgangen af december 2011.

Ud fra de foreløbige resultater ses dog allerede en stor effekt af energirenoveringen i husene. Ikke alle huse har sparet så meget energi, som det var forventet ud fra energiberegningerne foretaget for husene hhv før og efter renoveringen, men alle huse har dog opnået besparelser samtidig med, at kvaliteten af boligen er blevet forbedret. Sidstnævnte parameter er væsentlig at medtage i diskussionen om hvorvidt en renovering kan betale sig. Ikke alle boligforbedringer er økonomisk rentable, men selvom de nye vinduer ikke kan betale sig selv hjem over en årrække ved energibesparelser, tilfører de stadig en kvalitet til boligen, som de gamle, utætte og kolde vinduer ikke kunne gøre.

I det følgende nævnes nogle af de mest væsentlige tiltag og opdagelser gjort i EnergiParcel:

Tæthed af klimaskærmen

Alle husene er blevet tætnet og resultaterne af dette fremgår af blowerdoor-testen gennemført i husene. Her er der opnået reduktion af infiltrationen på mellem 15% og 85%. Ved at reducere infiltrationen reduceres også udgiften til varme, da mængden af kold (og til dels uønsket) luft i boligen reduceres.

Installering af ventilationsanlæg

Ved vurdering af indeklimaet i husene blev det bedste indeklima fundet i Langørvænget 8, hvor der ifm renoveringen blev installeret ventilationsanlæg. Driftsomkostningerne til anlægget er minimale, og samtidig opnås et væsentligt bedre indeklima i denne bolig ift eksempelhusene. Anlægget kører med balanceret luftskifte således, at varme fra udsugningsluften overføres til indblæsningsluften, hvilket også er med til at reducere varmeudgifterne.

Annullering af fjernvarmeinstallation i garage

En anden væsentlig ændring har været flytningen af fjernvarmeinstallationen fra garagen i Langørvænget 8 og ind i huset. Ved denne flytning er der opnået en væsentlig energibesparelse, da opvarmningen af garagen og jorden omkring den cirkulationsledning, der sørgede for varmt vand i huset, nu er forsvundet, og energien i stedet bruges udelukkende på opvarmning af huset.

Reducering af ydervægsareal

Inddragelsen af den lille overdækkede terrasse i Farørvænget 4 har medført at to ydervægge er blevet omdannet til indervægge samtidig med, at man fik forøget boligens areal. Denne ændring har også givet en god energimæssig besparelse.

Konvertering af el-drevet varme til fjernvarme

Udskiftningen af den el-drevne radiator i Farørvænget 4 har givet en stor økonomisk besparelse, da 1 kWh fjernvarme er væsentligt billigere end 1 kWh el.

Slukning af gulvvarme i sommerperioden

Hvorvidt gulvvarmen i badeværelset skal slukkes eller ej er både et energiøkonomisk, men også et komfortmæssigt, spørgsmål. Vurderes dette ud fra et energiøkonomisk

spørgsmål fremgår det klart af målingerne i dette projekt, at der kan spares mange kWh (og dermed penge) på at slukke for gulvvarmen mellem maj og september.

Sidstnævnte tiltag afspejler en af udfordringerne ved at vurdere energiforbrug i boliger. Beboernes adfærd er en væsentlig faktor, som kan give meget store udsving i energiforbruget. Dette ses fx i Langøvnøget 1, hvor beboerne er meget bevidste om deres energiforbrug. Allerede inden renoveringen spares på varmen i dette hus ved fx ikke at opvarme de dele af boligen, der ikke bruges til beboelse, og samtidig også slukke helt for gulvvarmen i sommerperioden. Denne bolig opnår et meget lavt energiforbrug – selv i den urenoverede bolig. Dette viser samtidig, at vi ved at ændre adfærd hos beboerne kan spare store mængder af energi i gamle boliger blot ved at påvirke beboernes adfærd. Spørgsmålet er bare, om den kan påvirkes, og hvilke midler der skal til for at påvirke den. Dette er et stort spørgsmål, som ikke vil blive besvaret her, men som kræver væsentligt mere forskning i de kommende år.

8. Kildeliste

- [CR1752] *DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*, Dansk standard, 2001
- [Koch et al.] *Fugt i boligen*, Koch, A., Kvistgaard, B., Larsen, J. og Nielsen, T., Teknologisk Institut, 1987
- [Michaelsen et al.] Validering af Be06 resultater, EnergiParcel. Intern rapport. Lars Lund Michaelsen, Ole Daniels og Tine Steen Larsen. Aalborg Universitet, 22.03.2010.
- [SBI196] *SBI-anvisning 196, Indeklimahåndbogen*, Ole Valbjørn, Susse Lausten, John Høwisch, Ove Nielsen, Peter A. Nielsen, Statens byggeforskningsinstitut, 2000
- [SBI224] *SBI-anvisning 224, Fugt i bygninger*, Erik Brandt m.fl., Statens byggeforskningsinstitut, 2009